



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 199 13 926 A 1

⑤① Int. Cl. 7:
D 21 F 7/00
D 21 F 1/00
// G01N 21/86,22/00

⑳ Aktenzeichen: 199 13 926.1
㉔ Anmeldetag: 26. 3. 1999
㉕ Offenlegungstag: 28. 9. 2000

㉑ Anmelder:
Voith Sulzer Papiertechnik Patent GmbH, 89522
Heidenheim, DE

㉒ Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80538 München

㉓ Erfinder:
Griech, Wolfgang, 89522 Heidenheim, DE; Münch,
Rudolf, 89551 Königsbronn, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 29 26 072 C2
DE 196 53 477 A1
DE 196 34 996 A1
DE 195 10 009 A1
DE-OS 21 04 992

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Herstellung, insbesondere zur Beeinflussung von Qualitätseigenschaften, einer Materialbahn

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung, insbesondere zur Beeinflussung von Qualitätseigenschaften, einer Materialbahn, insbesondere einer Papierbahn in einer Papiermaschine, bei dem mit wenigstens einem im Bereich des Stoffauflaufs angeordneten zonalen Sensor quer zur Prozeßrichtung orts aufgelöste Stoffauflaufdaten über zumindest eine Eigenschaft des Stoffes ermittelt und die Stoffauflaufdaten zusammen mit weiteren Daten ausgewertet werden, die mit zumindest einem im Bereich einer dem Stoffauflauf vor- oder nachgelagerten Position angeordneten weiteren Sensor ermittelt werden.

DE 199 13 926 A 1

DE 199 13 926 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung, insbesondere zur Beeinflussung von Qualitätseigenschaften, einer Materialbahn, insbesondere einer Papierbahn in einer Papiermaschine.

Bei der Herstellung von Materialbahnen ist man bestrebt, das Verhalten der Maschine möglichst genau zu kennen, um in den Herstellungsprozeß durch Einflußnahme auf die einzelnen Bearbeitungsstationen der Maschine gezielt eingreifen zu können.

Aus der DE 196 53 477 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Prozeßführung bei der Herstellung von Papier bekannt, wobei mittels elektromagnetischer Strahlung Spektren von mechanischen Eigenschaften am Stoff oder am Papier gemessen werden, um aus Kenngrößen, die durch Auswertung der Spektren gebildet werden, ein Zustandsmodell bzw. Prozeßmodell abzuleiten. Diese Modelle werden zur Prozeßoptimierung eingesetzt. Die DE 196 53 477 A1 befaßt sich im wesentlichen damit, wie die Spektren gewonnen und ausgewertet werden. Es wird erwähnt, daß die spektroskopischen Messungen auch am Stoffauflauf durchgeführt werden können. Über die Art und Weise der Durchführung der Messungen am Stoffauflauf werden in der DE 196 53 477 A1 keine Angaben gemacht.

Aus der DE 196 34 996 A1 ist ein stoffdichtegeregelter Stoffauflauf mit Papierstoffkonsistenzregelung bekannt. Dabei wird mit einem in Querrichtung verfahrbaren Sensor hinter dem Stoffauflauf das Flächengewichtsquerprofil gemessen. Über einen mit diesem Sensor verbundenen Steuerrechner werden Stellglieder angesteuert, die jeweils einer Verdünnungsmittel-Zufuhrleitung zugeordnet sind. Des weiteren ist jeder Zufuhrleitung ein Konsistenzsensor zugeordnet, der mit einer zusätzlichen Steuereinrichtung verbunden ist, die ebenfalls ein Stellglied für die betreffende Zufuhrleitung ansteuert, wobei bevorzugt jede Zufuhrleitung lediglich ein einziges, sowohl dem verfahrbaren Flächengewichtssensor als auch dem jeweiligen Konsistenzsensor zugeordnetes Stellglied aufweist. Die mit Hilfe der Konsistenzsensoren erfolgende separate Regelung ist der Regelung des Flächengewichtsquerprofils unterlagert bzw. nachgeordnet und dient dazu, Längsprofilschwankungen auszugleichen, die sich sonst als Rauschen in den Signalen des Flächengewichtssensors zeigen und die Bestimmung des Flächengewichtsprofils erschweren oder unmöglich machen würden.

Es ist das der Erfindung zugrundeliegende Problem (Aufgabe), ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung einer Materialbahn zu schaffen, die es ermöglichen, das Verhalten der zur Herstellung der Materialbahn verwendeten Maschine möglichst genau zu bestimmen, und die insbesondere eine möglichst schnelle Regelung des Herstellungsprozesses, insbesondere eine schnelle Durchführung von Sortenwechseln gestatten.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch die Merkmale des Anspruchs 1 und insbesondere dadurch, daß mit wenigstens einem im Bereich des Stoffauflaufs angeordneten zonalen Sensor quer zur Prozeßrichtung orts aufgelöste Stoffauflaufdaten über zumindest eine Eigenschaft des Stoffes ermittelt und die Stoffauflaufdaten zusammen mit weiteren Daten ausgewertet werden, die mit zumindest einem im Bereich einer dem Stoffauflauf vor- oder nachgelagerten Position angeordneten weiteren Sensor ermittelt werden.

Erfindungsgemäß erfolgt eine integrierte Betrachtung mehrerer in Laufrichtung der Materialbahn – oder allgemein in Prozeßrichtung – beabstandeter Sensoren, wobei wenigstens ein Sensor im Bereich des Stoffauflaufs angeordnet ist und Stoffauflaufdaten über wenigstens eine Meßzone liefert,

deren Position in Querrichtung bezüglich der Prozeßrichtung genau bekannt ist. In die erfindungsgemäß durchgeführte integrierte Betrachtung fließen somit orts aufgelöste Meßwerte aus dem Stoffauflauf mit ein, wodurch sehr schnelle Regelungen des Herstellungsprozesses und insbesondere schnelle Sortenwechsel ermöglicht werden. Außerdem können von Modellen, die von den Meßwerten des zonalen Sensors und des weiteren Sensors Gebrauch machen, zur Beschreibung des Herstellungsprozesses bzw. von Profill Regelungen, insbesondere im Rahmen von Sortenwechseln, genauere Aussagen erhalten werden.

Die Erfindung ermöglicht es, zunächst am oder im Stoffauflauf eine genau definierte Meßzone hinsichtlich der jeweiligen Eigenschaft oder Eigenschaften zu untersuchen und zu einem späteren Zeitpunkt die inzwischen an einer dem Stoffauflauf nachgelagerten Position befindliche Meßzone erneut zu untersuchen. Aufgrund der gemeinsamen Auswertung der Stoffauflaufdaten und der weiteren Daten kann auf diese Weise ein Bild von dem Verhalten der Papiermaschine in Kenntnis der am Stoffauflauf herrschenden Bedingungen gewonnen werden.

Außerdem können Störungen im Stoffauflauf oder im diesem vorgelagerten konstanten Teil der Maschine durch den zonalen Sensor unmittelbar nach ihrem Auftreten erkannt und ausgeregelt werden. Mit einem dem Stoffauflauf vorgelagerten Sensor können Störungen noch früher erkannt werden, und eine gemeinsame Betrachtung des zonalen Sensors am Stoffauflauf und eines weiteren Sensors z. B. im konstanten Teil der Maschine gestattet eine sehr schnelle Regelung des Prozesses am Stoffauflauf und in diesem vorgelagerten Bereichen. Mit einem dem Stoffauflauf nachgelagerten weiteren Sensor kann untersucht werden, wie sich am Beginn des Herstellungsprozesses auftretende Störungen bzw. zur Beseitigung dieser Störungen ergriffene Maßnahmen auf die Qualität der Materialbahn auswirken, d. h. die Ausregelung der Störungen kann mit dem dem Stoffauflauf nachgelagerten Sensor beurteilt werden. Die gemeinsame Auswertung des zonalen Sensors und des weiteren Sensors erlaubt die Bildung und/oder Verbesserung von Modellen, welche den Einfluß von Eingriffen in den Herstellungsprozeß auf die Materialbahn beschreiben.

Als zu bestimmende Eigenschaften der Materialbahn, beispielsweise einer Papierbahn, kommen z. B. deren Konsistenz, Flächengewicht, Feuchte, Dicke und Farbe in Frage. Als zonaler Sensor kann grundsätzlich jede berührungslos mit z. B. elektromagnetischer Strahlung, insbesondere sichtbarem Licht, IR-Strahlung oder Mikrowellen, oder geladenen Teilchen arbeitende Meßeinrichtung eingesetzt werden, mit der z. B. die Absorptionseigenschaften des Stoffes bestimmt werden. Des weiteren können erfindungsgemäß auch Zusammensetzungen hinsichtlich Füllstoffarten und/oder Zuschlagsstoffen wie z. B. fluoreszierenden Stoffen etc. untersucht werden.

Während es zumindest prinzipiell möglich ist, für die Messung im Bereich des Stoffauflaufs einen in Querrichtung verfahrbaren Sensor vorzusehen, werden gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung im Bereich des Stoffauflaufs mehrere in Querrichtung verteilt angeordnete zonale Sensoren verwendet, die jeweils einer vorbestimmten Meßzone zugeordnet sind.

Hierdurch können gleichzeitig viele einzelne, in Querrichtung hintereinander angeordnete Meßzonen untersucht werden, so daß gewissermaßen eine lückenlose Überwachung des Prozesses in Querrichtung, d. h. die Aufnahme vollständiger Querprofile, realisiert werden kann.

Als weiterer Sensor, der im folgenden auch als traditioneller Sensor bezeichnet wird, kann sowohl ein ortsfester Sensor als auch ein traversierender Sensor (Scanner) ver-

wendet werden, der zur Bestimmung von Eigenschaften der gestützten oder ungestützten Materialbahn grundsätzlich an einer beliebigen Position der Maschine angeordnet sein kann. Der traditionelle Sensor kann auch zur Untersuchung der im Entstehen befindlichen Materialbahn kurz hinter dem Stoffauflauf angeordnet werden.

Vorzugsweise sind mehrere weitere Sensoren vorgesehen, die in Laufrichtung der Materialbahn bzw. in Prozeßrichtung verteilt angeordnet sind. Hierdurch läßt sich ein genaueres Bild von der zeitlichen Entwicklung von interessierenden Eigenschaften der Materialbahn sowie von dem Einfluß der einzelnen Bearbeitungsstationen der Maschine auf diese Eigenschaften bzw. allgemein auf die Qualität der Materialbahn gewinnen.

Mit Hilfe von modellgestützten Meßvorhersagen kann durch die Erfindung insbesondere eine schnelle Profilregelung erfolgen. Eine schnelle Profilregelung ist vor allem bei Sortenwechseln und anderen durch das Herstellungsverfahren bedingten Störungen der Profile von Bedeutung. So ist es beispielsweise durch eine modellgestützte Arbeitsweise möglich, eine Änderung des Sollwertes des Flächengewichts der Materialbahn auszuregulieren, bevor ein am Ende der Maschine angeordneter traversierender Sensor die nächste Messung, d. h. Traversierung, beendet hat.

Zur Regelung des Profils der Materialbahn können grundsätzlich alle im Bereich des Stoffauflaufs sowie des dem Stoffauflauf vorgelagerten konstanten Teils vorgesehenen Stellglieder der Maschine angesteuert werden. Beispiele für diese Stellglieder sind die zonalen Verdünnungswasserventile, Dickstoffventile, Verdünnungswasserpumpen bzw. entsprechende Ventile zur Änderung der Wassermenge, Mischpumpen bzw. Ventile zur Mengenänderung sowie Pumpen für die Retentionsmitteldosierung oder ein entsprechendes Ventil hierfür. Weitere erfindungsgemäß ansteuerbare Stellglieder sind beispielsweise ein oder mehrere Dosierventile für Zuschlagstoffe.

Zur Durchführung des Sortenwechsels können erfindungsgemäß auch weitere Prozeßgrößen in dem Stoffauflauf nachgelagerten Abschnitten der Maschine verändert werden, beispielsweise Former, Presse oder Trockenpartie betreffende Prozeßgrößen. Mögliche Regelgrößen sind beispielsweise die Dampfmenge im Dampfblaskasten der Presse sowie die Dampfmenge am Trockenzyylinder. In die zu regelnden Vorrichtungen können auch Befeuchter und insbesondere Infrarot-Trockner mit einbezogen werden.

Bevorzugt werden in die Erfindung schnellwirkende Stellglieder wie beispielsweise Befeuchter und Infrarot-Trockner miteinbezogen, da diese Stellglieder die hohen Anforderungen erfüllen, die von dem erfindungsgemäßen schnellen Regelungskonzept gestellt werden.

Im Rahmen eines schnellen Sortenwechsels bzw. allgemein einer schnellen Regelung der Maschine auf der Grundlage der zusammen mit den Stoffauflaufdaten ausgewerteten weiteren Daten können noch weitere Verarbeitungsschritte, wie beispielsweise Online-Streichen, Glätten, Wickeln, etc. mittels einer Vorsteuerung in das erfindungsgemäße Konzept integriert werden.

In einem Beispiel für die Durchführung eines schnellen Sortenwechsels unter Berücksichtigung des Flächengewichts und der Feuchte der Materialbahn werden zur Vorbereitung des eigentlichen Sortenwechsels zunächst die – aus Kostengründen nicht dauerbetriebenen – abgeschalteten Infrarot-Trockner aktiviert, bis die allmählich gesteigerte Leistung in einem sinnvollen Regelbereich liegt, was beispielsweise bei etwa 50% der Maximalleistung der Fall ist. Etwa gleichzeitig mit dem Hochfahren der Infrarot-Trockner wird die Dampfbeaufschlagung der Trockenzyylinder reduziert, um die Endfeuchte nicht zu verändern. Danach wird der

Sortenwechsel eingeleitet, indem die Stellglieder im Bereich des Stoffauflaufs und des konstanten Teils angesteuert werden. Verzögert um die Transportzeit reagieren auch die Infrarot-Trockner. Nach Beendigung des Sortenwechsels werden die IR-Strahler langsam zurückgefahren und die Dampfbeaufschlagung erhöht, um die Endfeuchte konstant zu halten.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Stoffauflaufdaten und die mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten in ein Vorhersagemodell eingegeben und die von dem Vorhersagemodell ausgegebenen Daten zur Regelung des Herstellungsprozesses, insbesondere von Sortenwechseln, verwendet.

Hierbei wird durch das Vorhersagemodell auf der Grundlage der mit dem zonalen Sensor und dem weiteren Sensor ermittelten Daten festgestellt, welche Eigenschaften die Materialbahn an oder hinter den einzelnen Bearbeitungsstationen der Maschine oder als fertiges Endprodukt aufweisen würde. Die mit dem Vorhersagemodell erhaltenen Aussagen können für eine unmittelbare Regelung des Herstellungsprozesses, d. h. für eine Änderung derjenigen Bedingungen verwendet werden, die zum Zeitpunkt der von dem Vorhersagemodell zugrundegelegten Messung geherrscht haben. Gegebenenfalls kann sofort in die Prozeßsteuerung, beispielsweise im Bereich des Stoffauflaufs oder des konstanten Teils, eingegriffen werden. Das Vorhersagemodell kann beispielsweise im Rahmen einer Beobachterstruktur realisiert werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß zur unmittelbaren Regelung des Herstellungsprozesses durch das Vorhersagemodell lediglich die Stoffauflaufdaten verwendet werden und das Vorhersagemodell an die mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten angepaßt wird.

Diese Vorgehensweise ermöglicht es, auch ohne unmittelbare Einbeziehung von Messungen mit traditionellen ortsfesten Sensoren bzw. Scannern, die z. B. an weit vom Stoffauflauf entfernten Positionen angeordnet sind und somit zu erheblichen Verzögerungen der Auswertung der Stoffauflaufdaten führen würden, eine sehr schnelle Beurteilung der am Stoffauflauf herrschenden Bedingungen und somit eine schnelle Regelung des Stoffauflaufs vorzunehmen, wodurch insbesondere Sortenwechsel in Papiermaschinen in kürzester Zeit durchgeführt werden können.

Die von einem derartigen traditionellen Sensor gelieferten Meßwerte werden in diesem Ausführungsbeispiel dazu verwendet, das die Stoffauflaufdaten verarbeitende Vorhersagemodell zu überprüfen und gegebenenfalls derart an die von den weiteren Sensoren gemessene Wirklichkeit anzupassen, daß die Vorhersagen mit den tatsächlich gemessenen Ergebnissen übereinstimmen. Eine Verzögerung der schnellen, aufgrund der Stoffauflaufdaten erfolgenden Regelung ist damit nicht verbunden, da die Berücksichtigung der auf traditionelle Weise erhaltenen Meßergebnisse durch das Vorhersagemodell bzw. die Beobachterstruktur nebenher und unabhängig von der Verarbeitung der Stoffauflaufdaten erfolgen kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Stoffauflaufdaten zusammen mit weiteren den Herstellungsprozeß betreffenden und weder mit dem zonalen Sensor noch mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten ausgewertet.

Derartige weitere Daten sind beispielsweise direkt die Herstellung bzw. die Maschine betreffende Prozeßgrößen wie beispielsweise die Bahngeschwindigkeit, Daten von außerhalb des Herstellungsprozesses, beispielsweise im Labor, durchgeführten Messungen der jeweiligen Eigenschaft oder Eigenschaften der Materialbahn, und/oder auch solche Da-

ten, die unter Einbeziehung eines das Schrumpfungsverhalten der Materialbahn beschreibenden Modells erhalten werden.

So wie mit denjenigen Daten, die mit dem traditionellen Sensor ermittelt werden und direkt die jeweilige Materialbahn repräsentieren, das durch die Stoffauflaufdaten gewonnene Bild des Herstellungsprozesses deutlicher wird, können auch mit diesen weiteren Daten die Auswirkungen der am Stoffauflauf herrschenden Bedingungen auf das Entstehen der Materialbahn besser beurteilt werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden mit dem zonalen und dem weiteren Sensor durchgeführte Messungen zeitlich synchronisiert.

Hierdurch stehen mehrere in einem zeitlichen Abstand voneinander gewonnene Meßergebnisse über in Bahnlaufrichtung gesehen gleiche Positionen zur Verfügung. Die Vorhersage der jeweils interessierenden Eigenschaft oder Eigenschaften der Materialbahn kann auf diese Weise noch genauer erfolgen, da mit dem weiteren bzw. traditionellen Sensor genau diejenigen um eine bekannte Zeit gealterten Stellen der Materialbahn erneut untersucht werden können, über die bereits im Stoffauflauf mittels des zonalen Sensors gewonnene Informationen vorliegen.

Durch das Vorsehen einer Vielzahl von in Bahnlaufrichtung bzw. Prozeßrichtung verteilt angeordneten weiteren bzw. traditionellen Sensoren können die im Bereich des Stoffauflaufs mit dem zonalen Sensor untersuchten Meßzonen auf ihrem Weg vom Stoffauflauf bis prinzipiell zur Abnahme der fertigen Materialbahn verfolgt werden. Es liegen also über dieselbe Meßzone viele Meßwerte vor, die eine noch genauere Vorhersage der jeweiligen Eigenschaft oder Eigenschaften sowie die Bildung bzw. Optimierung von verwendeten Vorhersagemodellen ermöglichen. Bei der zeitlichen Synchronisation kann insbesondere die Geschwindigkeit der Materialbahn und/oder das Schrumpfungsverhalten der Materialbahn berücksichtigt werden.

Durch Modellieren des Verhaltens der Maschine können durch die zeitliche Synchronisation ortsgleiche Differenzprofile der jeweiligen Eigenschaft bzw. Eigenschaften der Materialbahn gebildet werden, die eine sowohl örtlich als auch zeitlich hohe Auflösung aufweisen. Des weiteren kann durch diese auch als SinglePoint- bzw. SameSpot-Messungen bezeichnete Vorgehensweise eine modellgestützte Interpolation der erhaltenen Profile zwischen den Meßzeitpunkten der weiteren bzw. traditionellen Sensoren erfolgen. Dies führt zu einer quasikontinuierlichen Bildung von Bahnprofilen mit einer hohen Auflösung, wodurch einerseits Längs- und Querprofile der Materialbahn getrennt werden können sowie andererseits zwischen Meßbrauschen und schnellen Prozeßschwankungen unterschieden werden kann.

Dies erlaubt insgesamt eine noch schnellere Stoffauflaufregelung und im Fall von mehreren in Querrichtung verteilt angeordneten zonalen Sensoren eine Regelung des Profils, wodurch noch schnellere Sortenwechsel möglich sind. Störungen, die in einem dem Stoffauflauf vorgelagerten Bereich und insbesondere im konstanten Teil der Maschine auftreten, können innerhalb eines Zeitraumes von weniger als 1 s ausgeglichen werden. Bei Störungen, die in dem Stoffauflauf nachgelagerten Bereichen der Maschine auftreten und durch einen traversierenden weiteren bzw. traditionellen Sensor detektiert werden, liegt der zur Ausregelung der Störungen erforderliche Zeitraum in der Größenordnung der für eine Traversierung benötigten Zeit, beispielsweise im Bereich von etwa 15 bis 30 s, wobei jedoch nicht das Ende einer Traversierung abgewartet zu werden braucht, da die Regelung online, d. h. im wesentlichen ohne Zeitverzögerung erfolgt.

Grundsätzlich können anstelle von traversierenden weite-

ren bzw. traditionellen Sensoren jeweils auch mehrere in Querrichtung verteilt angeordneten stationäre Sensoren eingesetzt werden.

In den bevorzugten Fällen mit in Querrichtung verfahrbaren weiteren Sensoren können diese gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeit verfahren werden, die beispielsweise etwa 1/10 der normalen Traversiergeschwindigkeit für derartige Scanner beträgt, wobei die normale Geschwindigkeit bei bis zu etwa 40 cm/s liegt. Diese Betriebsweise eines traversierenden Sensors wird im folgenden auch als SlowScan bezeichnet.

Durch SlowScan wird nicht nur das Querprofil der Materialbahn bestimmt, sondern mit einem langsam traversierenden Sensor wird außerdem ein größerer Abschnitt der Materialbahn in Längsrichtung bzw. Prozeßrichtung untersucht, d. h. die SlowScan-Messung beinhaltet einen größeren Anteil des Längsprofils als herkömmliche, mit hoher Traversiergeschwindigkeit vorgenommene Messungen.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung wird der in Querrichtung verfahrbare weitere Sensor innerhalb eines vorbestimmten begrenzten Meßbereiches verfahren, der wesentlich kleiner als die Breite der Materialbahn ist und beispielsweise im Bereich von etwa 10 bis 30 cm liegt. Diese auch als MicroScan bezeichnete Betriebsweise eines traversierenden Sensors dient dazu, die zeitliche Auflösung zu erhöhen, da gleiche Querpositionen häufiger durchfahren werden als bei einer über die gesamte Breite der Materialbahn erfolgenden Traversierung. Durch Erhöhen der Traversiergeschwindigkeit kann die zeitliche Auflösung noch weiter verbessert werden.

Die Zuordnung einzelner mit dem Scanner abgetasteter Querpositionen bzw. Meßzonen zu den jeweils entsprechenden Querpositionen bzw. Meßzonen im Bereich des Stoffauflaufs, die mit den zonalen Sensoren untersucht werden, kann aufgrund dieser mit hoher zeitlicher Auflösung erfolgenden MicroScan-Messung der einzelnen Querpositionen durch den Scanner mit sehr hoher Genauigkeit erfolgen. Eine hohe Genauigkeit dieser auch als Mapping bzw. Zentrum der Antwortfunktionen der einzelnen Aktuatoren bzw. Stellglieder bezeichneten Zuordnung ist von besonderer Bedeutung bei der Bildung von Modellen, die das Schrumpfungsverhalten der Materialbahn sowie allgemein das zeitliche Verhalten der Maschine bei insbesondere im Bereich des Stoffauflaufs erfolgenden Stellgliedänderungen beschreiben.

Beide der vorstehend beschriebenen, von der herkömmlichen Betriebsweise von traversierenden Sensoren abweichenden Betriebsweisen – SlowScan und MicroScan – des oder der weiteren Sensoren können in vorteilhafter Weise im Rahmen eines Korrelationsverfahrens wie beispielsweise einem "Pattern Matching" eingesetzt werden, mit welchem einzelne Bereiche bzw. Meßzonen der Materialbahn identifiziert werden. Es lassen sich hierdurch Messungen, die an in Bahnlaufrichtung bzw. Maschinenrichtung beabstandeten Positionen erfolgen, sowohl in zeitlicher als auch in örtlicher Hinsicht mit hoher Genauigkeit synchronisieren, was insbesondere für die vorstehend erwähnten SinglePoint- bzw. SameSpot-Messungen von Vorteil ist.

Insbesondere dann, wenn gemäß der bevorzugten Ausführung der Erfindung im Bereich des Stoffauflaufs mehrere in Querrichtung verteilt angeordnete zonale Sensoren verwendet werden, um hinsichtlich der jeweiligen zu bestimmenden Eigenschaft oder Eigenschaften Querprofile zu messen, eröffnen sich durch die erfindungsgemäße integrierte Betrachtung dieser Sensoren und der weiteren, dem Stoffauflauf vor- und/oder nachgelagerten Sensoren zahlreiche Möglichkeiten, ein genaueres Bild vom Herstellungs-

prozeß und dessen Beeinflussung durch Änderungen an Einstellungen insbesondere im Bereich des Stoffauflaufs zu gewinnen.

So lassen sich erfindungsgemäß weitere Prozeßprofile ermitteln und anzeigen, die in irgendeiner Weise mit Eigenschaftsprofilen der Materialbahn in Beziehung stehen. Beispielsweise lassen sich Konsistenzquerprofile und/oder Retentionsquerprofile erstellen. Des weiteren erlaubt die Erfindung auch eine insbesondere modellgestützte Kalibrierung der zonalen Sensoren durch mathematische Verfahren wie beispielsweise PLS- (Partial Least Squares-) Verfahren, mit denen gleichzeitig verschiedene Indikatoren für dieselbe Meßgröße ausgewertet werden können. Mit mathematischen Verfahren kann durch die Erfindung auch eine insbesondere modellgestützte Kalibrierung der zusätzlich zu den zonalen Sensoren vorgesehenen Sensoren vor bzw. hinter dem Stoffauflauf erfolgen. Ein wesentlicher Vorteil der integrierten Betrachtung bzw. gleichzeitigen Auswertung einer Vielzahl von Sensoren ist die auf diese Weise erreichbare Verbesserung der Meßgenauigkeit der zu bestimmenden Eigenschaft bzw. Eigenschaften, wobei auch hier Eichverfahren wie z. B. die vorstehend erwähnten PLS-Verfahren und/oder Filterverfahren (z. B. Kalman-Filterung) für die Signalverarbeitung eingesetzt werden können.

Des weiteren ermöglicht die Erfindung die Vorhersage solcher Eigenschaften bzw. Eigenschaftsprofile, die im Rahmen einer direkten bzw. Online-Messung nicht bestimmt werden können, wie beispielsweise Festigkeitseigenschaften der Materialbahn.

Außerdem kann durch die Erfindung die Funktionsweise einzelner Stationen bzw. Verfahrensabschnitte, beispielsweise des Naßteils oder der Presse einer Papiermaschine, beurteilt werden.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung, sowie der Zeichnung angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben, deren einzige Figur eine schematische Ansicht einer Papiermaschine zeigt, an der die Erfindung zum Einsatz kommt.

Die Figur zeigt in einer stark schematisierten Darstellung eine Papiermaschine mit Stoffauflauf 10 und dem Stoffauflauf 10 vorgelagertem konstanten Teil 11. Von den zur Bearbeitung der Materialbahn 12 vorgesehenen Abschnitten der Papiermaschine sind eine Presseneinheit 17, ein Trockenbereich 21 sowie ein Wickelbereich 19 angedeutet.

In der bevorzugten Ausführung der Erfindung sind im Bereich des Stoffauflaufs 10 eine Vielzahl von zonalen Sensoren in Querrichtung verteilt angeordnet, um auf diese Weise Querprofile z. B. der Stoffkonsistenz ermitteln zu können. Jeder zonale Sensor ist dabei einer vorbestimmten Meßzone in Querrichtung zugeordnet. Die Anzahl der zonalen Sensoren und somit die Ortsauflösung in Querrichtung kann grundsätzlich beliebig groß gewählt werden. Beispielsweise können in der Größenordnung von einhundert zonale Sensoren vorgesehen sein, so daß Querprofile mit hoher örtlicher Auflösung ermittelt werden können.

Zusätzlich zu den am Stoffauflauf 10 angeordneten zonalen Sensoren sind weitere Sensoren vorgesehen, die an dem Stoffauflauf 10 vorgelagerten und nachgelagerten Positionen 14, 16, 18, 20 angeordnet sind. Die weiteren Sensoren können als Scanner, d. h. als in Querrichtung traversierende Sensoren, ausgebildet oder in Form von mehreren in Querrichtung verteilt angeordneten stationären Sensoren vorgesehen sein.

Im dem Stoffauflauf 10 vorgelagerten konstanten Teil 11 der Papiermaschine sind in jedem der beiden dargestellten Abschnitte weitere Sensoren an den mit den Bezugszeichen

14 und 16 bezeichneten Positionen vorgesehen. Außerdem sind an einer Position 18 vor der Presseneinheit 17 sowie an einer Position 20 vor dem Wickelbereich 19 der Papiermaschine weitere Sensoren angeordnet.

Die von den einzelnen Sensoren gelieferten Signale werden über der jeweiligen Maschinen-Position zugeordnete Einzelleitungen 23 einer zentralen Signalleitung 22 zugeführt, die mit einer Auswerteeinheit 24 verbunden ist. Die Auswerteeinheit 24 umfaßt einen Rechner zur Verarbeitung der Daten in einem Vorhersagemodell. An die Auswerteeinheit 24 ist eine Anzeigeeinrichtung 26 zur Darstellung der Auswerteergebnisse angeschlossen. Des weiteren kommuniziert die Auswerteeinheit 24 mit Steuereinrichtungen zur Einstellung der Papiermaschine, um auf diese Weise eine in der Figur durch den Pfeil R angedeutete Regelung des Herstellungsprozesses zu ermöglichen.

Durch eine integrierte Betrachtung der Signale der einzelnen Sensoren, gegebenenfalls unter Einbeziehung weiterer den Herstellungsprozeß betreffender Daten, in der Auswerteeinheit 24 werden erfindungsgemäß mit Hilfe des Vorhersagemodells in kurzer Zeit Aussagen erhalten, die das Verhalten der Papiermaschine beschreiben und es ermöglichen, auf gezielte Weise schnell in den Herstellungsprozeß einzugreifen, wie es im vorstehend im Einleitungsteil erläutert wurde.

Hinsichtlich der einzelnen erfindungsgemäßen Möglichkeiten für die Auswertung der von den zonalen Sensoren und den weiteren Sensoren gelieferten Daten sowie zu den möglichen Betriebsweisen der einzelnen Sensoren wird auf den Einleitungsteil verwiesen.

Bezugszeichenliste

- 10 Stoffauflauf
- 11 konstanter Teil
- 12 Materialbahn
- 14, 16 Positionen im konstanten Teil
- 17 Presseneinheit
- 18 Position vor Presseneinheit
- 19 Wickelbereich
- 20 Position vor Wickelbereich
- 21 Trockenbereich
- 22 Signalleitung
- 23 Einzelleitungen
- 24 Auswerteeinheit
- 26 Anzeigeeinrichtung
- R Regelung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung, insbesondere zur Beeinflussung von Qualitätseigenschaften, einer Materialbahn, insbesondere einer Papierbahn in einer Papiermaschine, bei dem mit wenigstens einem im Bereich des Stoffauflaufs (10) angeordneten zonalen Sensor quer zur Prozeßrichtung orts aufgelöste Stoffauflaufdaten über zumindest eine Eigenschaft des Stoffes ermittelt und die Stoffauflaufdaten zusammen mit weiteren Daten ausgewertet werden, die mit zumindest einem im Bereich einer dem Stoffauflauf (10) vor- oder nachgelagerten Position (14, 16, 17, 18, 19, 20, 21) angeordneten weiteren Sensor ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des Stoffauflaufs (10) mehrere, bevorzugt wenigstens zehn und insbesondere bevorzugt zumindest einhundert, in Querrichtung verteilt angeordnete zonale Sensoren verwendet werden, die jeweils einer vorbestimmten Meßzone zugeordnet sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoffauflaufdaten und die mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten in ein insbesondere im Rahmen einer Beobachterstruktur realisiertes Vorhersagemodell eingegeben und die von dem Vorhersagemodell ausgegebenen Daten zur Regelung des Herstellungsprozesses, insbesondere von Sortenwechseln, verwendet werden. 5
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere zur Durchführung von Sortenwechseln weitere Prozeßgrößen, bevorzugt einen Former, eine Presseneinheit (17) und/oder einen Trockenbereich (21) betreffende Prozeßgrößen, an dem Stoffauflauf (10) nachgelagerten Maschinenabschnitten verändert werden. 10
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in die Regelung die Dampfmenge in zumindest einem Dampfblaskasten einer Presseneinheit (17), die Dampfmenge an wenigstens einem Trockenzyylinder, Befeuchtungseinrichtungen und/oder Trocknungseinrichtungen, bevorzugt Infrarot-Trockner, mit einbezogen werden. 15
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in die Regelung schnellwirkende Stellglieder der Maschine, insbesondere schnellwirkende Befeuchtungseinrichtungen und/oder Trocknungseinrichtungen, bevorzugt Infrarot-Trockner, mit einbezogen werden. 20
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in die Regelung, insbesondere zur Durchführung von schnellen Sortenwechseln, weitere Verarbeitungsschritte, insbesondere Online-Streichen, Glätten und/oder Wikkeln, mit einbezogen werden, bevorzugt mittels einer Vorsteuerung. 30
8. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur unmittelbaren Regelung des Herstellungsprozesses durch das Vorhersagemodell lediglich die Stoffauflaufdaten verwendet werden und das Vorhersagemodell an die mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten angepaßt wird. 40
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die mit dem zonalen Sensor ermittelten Stoffauflaufdaten zur Überwachung und/oder Regelung wenigstens eines an einer dem Stoffauflauf (10) vorgelagerten Position (14, 16) ablaufenden Prozeßabschnitts verwendet werden. 45
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoffauflaufdaten zusammen mit weiteren den Herstellungsprozeß betreffenden und weder mit dem zonalen Sensor noch mit dem weiteren Sensor ermittelten Daten ausgewertet werden, bevorzugt mit Daten wenigstens einer Prozeßgröße, insbesondere der Bahngeschwindigkeit, mit Daten von außerhalb des Herstellungsprozesses durchgeführten Messungen der jeweiligen Eigenschaft der Materialbahn (12), und/oder mit unter Einbeziehung eines das Schrumpfungsverhalten der Materialbahn (12) beschreibenden Modells erhaltenen Daten. 50
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem zonalen Sensor und dem weiteren Sensor durchgeführten Messungen zeitlich synchronisiert werden. 55
12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der wei-

tere Sensor mit einer vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeit insbesondere im Bereich von etwa 0,1 bis 10 cm/s verfahren wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Sensor über die gesamte Breite der Materialbahn (12) verfahren wird.

14. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Sensor innerhalb eines vorbestimmten begrenzten Meßbereiches verfahren wird, der kleiner, vorzugsweise wesentlich kleiner als die Breite der Materialbahn (12) ist und insbesondere im Bereich von einigen cm bis zu 1 m, bevorzugt im Bereich von etwa 10 bis 30 cm liegt.

15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten des mit einer vergleichsweise niedrigen Geschwindigkeit und/oder innerhalb eines vorbestimmten begrenzten Meßbereiches verfahrbaren weiteren Sensors zur örtlichen und/oder zeitlichen Synchronisation mit den Messungen des zonalen Sensors verwendet werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Daten im Rahmen eines Korrelationsverfahrens zur Identifizierung von mittels des zonalen Sensors untersuchten Meßzonen verwendet werden.

17. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

